

KUTATÁSI IRÁNYVONALAK A MISKOLCI EGYETEM ELEKTROTECHNIKAI ÉS ELEKTRONIKAI INTÉZETI TANSZÉKÉN

Bodnár István

intézeti tanszékvezető egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Fizikai és Elektrotechnikai Intézet,
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: vegybod@uni-miskolc.hu

Somogyiné Molnár Judit

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Fizikai és Elektrotechnikai Intézet,
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék
tudományos főmunkatárs, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, Miskolci Egyetem
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: gfmj@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A tanulmány a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszékén folyó kutatási irányvonalakat mutatja be. A tanszéki kutatások nem csak elméleti, azaz alapkutatások, hanem alkalmazott kutatások is. Az alapvetően négy témakört (Villamosenergia-termelés környezetközpontú értékelése; Globális optimalizációs adatfeldolgozás; BLDC motorok EMC vizsgálata; Napszimulátorok, valamint napelemek kísérleti és szimulációs vizsgálata) átfogó kutatás-fejlesztési program szervesen kapcsolódik az aktuális ipari kérdéshez is, így elmondható, hogy a Tanszéken jövőbe mutató kutatómunka folyik.

Kulcsszavak: kutatási program, erőművek LCA-elemzése, globális optimalizációs adatfeldolgozás, napelem, BLDC motor EMC vizsgálata,

Abstract

This paper presents the research directions of the Department of Electrical Engineering and Electronics of the University of Miskolc. The departmental research is not only theoretical, i.e., basic research, but also applied research. The research and development program covers basically four topics (Environment-oriented assessment of electricity production; Global optimization data processing; EMC testing of BLDC motors; Experimental and simulation testing of solar simulators and solar cells) is related to the current industrial issue, so it can be said that the Department does forward-looking research work.

Keywords: research program, LCA analysis of power plants, global optimization data processing, solar panel, EMC testing of BLDC motor

1. Bevezetés

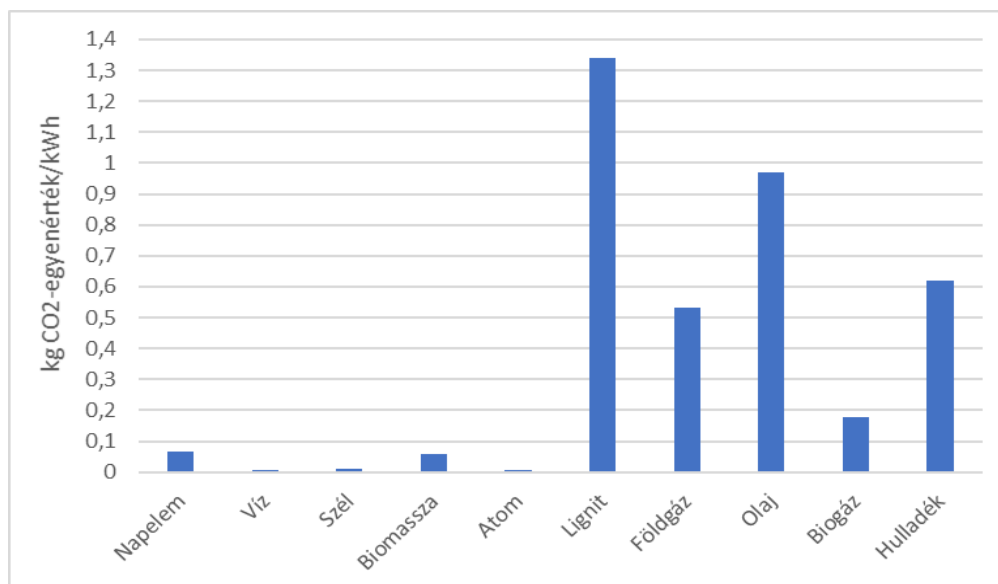
A Miskolci Egyetem Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszéke számos olyan kutatási irányvonalon műveli a műszaki tudományosságot, amelyek nem csak az elméleti, hanem az alkalmazott kutatásokhoz is szorosan kapcsolódnak. A kutatási irányok érintik a villamosenergia-termelés környezeti hatásainak értékelését, a megújuló és a hagyományos energiaforrások és erőműveik elemzését; a napelemek üzemeltetési problémáit, amely problémák a napelemes erőmű hatékonyságát és élettarta-

mát csökkenti; a napelemről táplált villamos hajtásokat, ahol elsődlegesen a különböző villamos paraméterekkel rendelkező villamosenergia hatékony és dinamikus átalakítása a cél. Szorosan kapcsolódik a villamos gépek és hajtások, valamint teljesítményelektronikai egységeik elektromágneses kompatibilitási vizsgálata, valamint a mérés-technika és a globális optimalizációs adatfeldolgozás.

2. Villamosenergia-termelés környezetközpontú értékelése

Magyarország 2019-ben 33.075,15 GWh villamosenergiát termelt. A fogyasztás 45.660,51 GWh volt. A 12.585,35 GWh különbséget importból fedeztük. Ez azt jelenti, hogy a hazai villamosenergia-fogyasztás 72,44%-t tudtuk megtermelni és 27,56%-át fedeztük más nemzetek termeléséből [MAVIR adatszolgáltatási felülete alapján]. A hazai termelésű villamosenergia 87,65%-a hagyományos erőművekből származott és csak a 12,35%-a megújuló energiaforrásokból.

Az 1. ábra az egyes erőművek karbon-lábnymát szemlélteti 1 kWh villamosenergia előállítására vonatkoztatva szén-dioxid-egyenérték kibocsátásban mérve a teljes életciklus szemlélet mellett. Megfigyelhető, hogy az atomerőművek karbonlábnyma a legkisebb (4,68 gCO₂-egyenérték/kWh). A második legkisebb szén-dioxid-egyenértékű üvegházhatást okozó gázkibocsátással a vízerőművek rendelkeznek, a mintegy 5,49 gCO₂-egyenérték/kWh értékkel. Ezt követik a szélerőművek (10,1), a biomassza (57,5) és a napelemes (65) erőművek. A legnagyobb kibocsátás a lignittüzelésű erőműnél tapasztalható (1.340 gCO₂-egyenérték/kWh). A hulladéktüzelésű (szilárd települési hulladék) (621 gCO₂-egyenérték/kWh) erőművek a gáztüzelésű, valamint a lignit/szén és olaj tüzelésű (970 gCO₂-egyenérték/kWh) erőművek között helyezkednek el. Magyarországon 1 kWh villamosenergia előállítása 2019-ben átlagosan 317 gCO₂-egyenértékű üvegházhatású gáz kibocsátással járt. Ezek alapján elmondható, hogy amennyiben ettől kisebb kibocsátással termelő erőművek (atom, víz, szél, napelem, biomassza és biogáz) hosszútávú üzemeltetésében gondolkodunk, akkor a villamosenergiatermelés karbon-lábnyma jelentősen csökkenthető.



1. ábra. Erőművek karbon-lábnyma szén-dioxid-egyenértékben kifejezve, életciklusszemlélettel.

Ugyan a hazai termelésű villamosenergia 2019-ben átlagosan 317 gCO₂-egyenértékű üvegházhatású gáz kibocsátással járt, ezzel ellentétben a hazai felhasználású villamosenergia ugyan ebben az évben 401 gCO₂-egyenértéket képviselt. A hazai hagyományos erőművek a kibocsátott üvegházhatású gázok 94,95%-ért felelősek, míg csak a maradék 5,06% származik a megújuló forrásokat alkalmazó erőművekből.

A fosszilis energiaforrások kimerülése tekintetében a hazai termelésű villamosenergia 3,88 MJ értéket képvisel 1 kWh (3,6 MJ) villamosenergiára vonatkoztatva. Ez azt jelenti, hogy egységnyi villamosenergia-előállításánál attól nagyobb mennyiségű fosszilis energiahordozóra van szüksége. A hazai fogyasztású villamosenergiánál ez a különbség még szembe tűnőbb, értéke 4,16 MJ. Ennél a környezeti hatáskategóriánál 7,22% a különbség. Mindezek azt az állítást erősítik meg, hogy az import energia jellemzően hagyományos energiaforrásokból, kiemelten szén-, lignit-, olaj- és/vagy földgáztüzelésű erőművekből származott. Viszonyítási alapként az Európai Unió országainak átlaga: 416 gCO₂-egyenérték és 4,47 MJ. Svájc esetén ezek az értékek 162 gCO₂-egyenérték és 1,5 MJ.

Alapfeltevés, hogy 2030-ra a Paks II projekt megvalósul és a mostani atomerőmű sem kerül leállításra, vagyis az atomerőművek kapacitása 2 GW-ról 4,4 GW-ra emelkedik. Mindemellett a napelemes erőművek a jelenleg üzemelő 1 GW-os kapacitása 6 GW-ra bővül és a Mátrai Erőmű pedig leállításra kerül. Amennyiben más energiaforrások termelése nem változik, ellenben a villamosenergia-fogyasztás 20%-kal bővül, akkor a hazai termelés a hazai fogyasztás 97,33%-át tudja fedezni, azaz a külföldi függőség tizedére csökken. Amennyiben a tervezett beruházások megvalósulnak akkor a Magyarországon termelt villamosenergia karbonlábnyoma 2030-ban 107 gCO₂-egyenérték/kWh értékre csökken. A 2019-es évhez képest ez 66,25%-os csökkenést jelent. A fosszilis energiaforrások kimerülésére gyakorolt hatás a 2019. évhez képest 2030-ban akár 56,96%-kal is kisebb lehet, azaz 1,67 MJ/kWh értékre csökken. Ennek megvalósulása esetében csökkenteni lehet a fosszilis energiahordozók kimerülésének ütemét. Azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a klasszikus atomerőművek üzemeltetéséhez szükséges 235 tömegszámú urán a becslések szerint 120-135 évre elegendő mennyiségben áll rendelkezésre, így azok kimerülésével is számolnunk kell a XXII. Században, így még sürgetőbb alternatív energiaforrások felfedezése és bevonása az energiatermelésbe.

3. Globális optimalizációs adatfeldolgozás

Laboratóriumokban gyakran vizsgált és fontos jelenség a különböző frekvenciájú rugalmas hullámok eltérő közegekben történő terjedése és csillapodása. A rugalmas hullám terjedési jellemzőit síkhullámú közelítésben az elmozdulás-függvény kifejezésében a (veszteséges közegben) komplex hullámszám jellemzi, melynek valós része a közegben terjedő akusztikus hullám fázissebességével van kapcsolatban, képzetes része pedig az abszorpciós tényező. A rugalmas hullám csillapodásának jellemzésére az abszorpciós tényező mellett szokásos a jósági tényező definiálása is, mellyel fordított arányosságban áll. Az akusztikus hullám mért sebességének vagy jósági tényezőjének adatait többféleképpen dolgozhatjuk fel. Például a laboratóriumban mért nyomás-jósági tényező adatokat linearizált optimalizációs eljárással. Azonban ez a módszer a paraméterekre nem a legjobb becslést adja, mert a lokális minimumban elakadhat, ezért fontos az adatok globális optimalizációs feldolgozásának vizsgálata. Különböző adatrendszereken vizsgáltuk és sikeresen teszteltük a globális minimumot adó eljárások közül a Metropolis-algoritmust alkalmazó Simulated Annealing eljárást (MSA).

Az MSA eljárást a fémek hűtésének analógiája alapján Metropolis és társai dolgozták ki. A legtöbb esetben a minimalizálandó célfüggvényt - az MSA terminológiájában energiafüggvényt - a mért és számított adatok eltéréseinek L2 normája alapján definiáljuk. A módszer lényege, hogy az optimalizá-

lás során az algoritmus véletlen keresést hajt végre a paraméterterben, miközben a modellparaméter vektor elemeit iterációról iterációra véletlenszerűen változtatja. Az eljárás így adott hőmérsékleten különböző véletlen energiaállapotokat (modelleket) próbál ki, a véletlen keresés során az aktuális számított energiafüggvényt az előző iterációs lépésben elfogadott energiafüggvénnyel összehasonlítja és minden iterációs lépésben előállítja a ΔE energia eltérést. Az új modellparamétervektor elfogadása feltételhez kötött, ez a Metropolisz kritérium: az új modellt mindig elfogadjuk, ha az energiafüggvény az új iterációs lépésben kisebb az előzőhöz képest ($\Delta E \leq 0$). Ha növekszik a mért és számított adatok eltérése. ($\Delta E \geq 0$) az eljárás akkor is definiál elfogadási valószínűséget, mellyel a lokális minimumból való kiszabadulást biztosítja. Ha teljesül $P(\Delta E, T) = \exp(\Delta E/T) \geq \alpha$ feltétel, akkor az új paramétervektort fogadjuk el (α egyenletes valószínűséggel generált $[0,1]$ intervallumba eső szám). Ellenkező esetben természetesen elvetjük azt. Az előbbi formulában a T hőmérsékletet (kontrollparamétert) megfelelő ütemben iterációról iterációra csökkenteni kell. Az eljárást addig ismétljük, amíg a megfelelő stop kritérium teljesül. Számításainkhoz ezt az algoritmust MATLAB kódban valósítottuk meg. Természetesen az MSA algoritmust nemcsak az akusztikus hullám csillapodásával kapcsolatban álló nyomás-jósági tényező adatok, hanem más típusú adatrendszerek esetében is lehet alkalmazni.

4. BLDC motorok EMC vizsgálata

A Tanszék utóbbi éveiben jelentősen erősödött az elektronikus kommutációjú, kefe nélküli egyenáramú motorok (BLDC) elektromágneses sugárzásának kutatása. Az Elektromágneses összeférhetőség (EMC) egyre nagyobb hangsúlyt kap nem csak az iparban, hanem a mindennapi használati eszközök-nél is. Jelen kutatómunkánk során egy autómotorhűtő ventilátor BLDC motorjának EMC központú fejlesztésében veszünk részt. A cél a motor elektromágneses sugárzásának minél hatékonyabb csökkentése, hogy az meg tudja felelni a jövőben várhatóan szigorodó előírásoknak is. A kutatómunka során egy árnyékolt laborban (Faraday Kalicka) végzünk méréseket, ahol a referencia modulok, valamint a fejlesztés során átalakított modulok EMC zajkibocsátását mérjük. A 2. ábra szemléltet egy vizsgált modult és a mérés során használt antennát.



2. ábra. Egy vizsgált modul és a mérés során használt antenna.

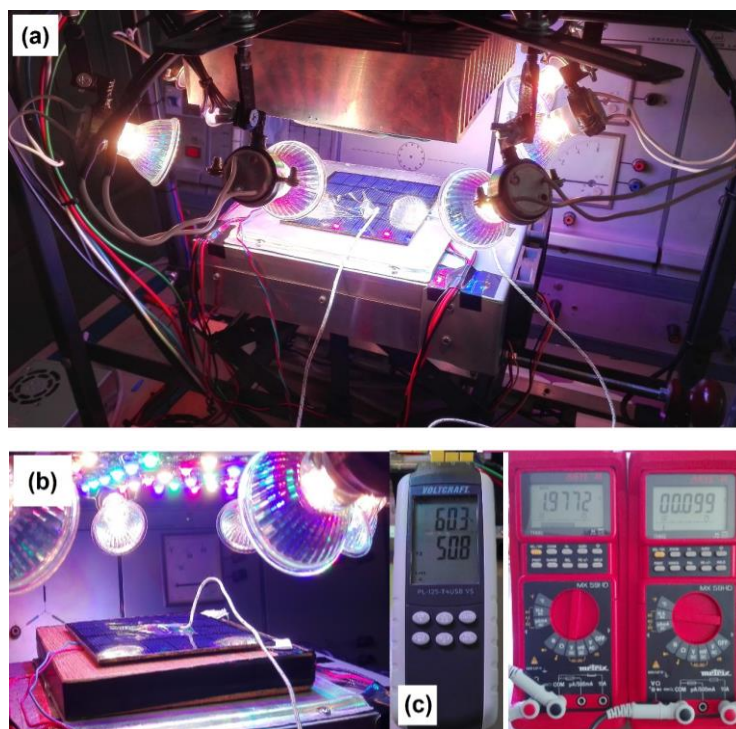
A kutató-fejlesztő munka során különböző csapágyak, hagyományos és villamosan vezetó csapágyzsírok, EMC hálók, vasmagállórészek és vezérlő áramkörök mérése történt meg. Mivel a klasszikus botantenna helyett irányított antennával végeztük a méréseket, ezért sikerült lokalizálni, hogy mely egységek, alkatrészek felelősek a nagyobb EMC zajkibocsátásért, így a fejlesztés eddigi eredmé-

nyeként sikerült olyan megoldásokat találnunk, amelyek jelentősen, akár 30-70%-kal is csökkentik az elődtermék EMC zajkibocsátását, valamint a gyakorlatban is alkalmazhatók.

5. Napszimulátorok, valamint napelemek kísérleti és szimulációs vizsgálata

Napelemek laboratóriumi vizsgálatához Napszimulátor, vagy fénystimulátor szükséges. Ilyen eszközzel lehet biztosítani az azonos mérési körülményeket. Az első generációs napfénystimulátorok halogén-, xenon- vagy egyszerű volfrámszálas fényforrásokon és azok kombinációján alapulnak. A félvezető technológia fejlődésével új típusú napfénystimulátorok jelennek meg, amelyek nagyteljesítményű LED egységeket alkalmaznak. Ezen eszközök működése energiahatékony és jó irányíthatóság jellemzi őket, továbbá különböző színű LED egységek kombinációjával a napfény spektrális szerkezete jól közelíthető velük. Hátrányként említhető azonban, hogy tisztán LED egységeket alkalmazva nehéz elérni a szabványos vizsgálatokhoz szükséges 1000 W/m^2 fényintenzitás értéket. E problémát kiegészítik ki a LED és hagyományos megvilágítást (pl.: halogén) kombináló megoldások.

A napfénystimulátorokra érvényes követelményekkel az American Standard for Testing and Materials (ASTM) E972-es (IEC 60904-9) szabványa foglalkozik. Kutató-fejlesztő munkánk során e szabvány szerinti C osztályú napfénystimulátor készítése történt meg, amely segítségével maximálisan $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ méretű napelem cella megfelelő megvilágítása vált lehetségessé. A konstrukció a nagyteljesítményű színes LED egységek és halogén izzók kombinációján alapul. Az elkészült berendezést és egy napelemcella mérést a 3. és 4. ábra szemlélteti.



3. ábra. Mérési összeállítás (a), a mért cella (b), valamint a hőmérséklet, a feszültség és az áramerősségmérő (c).

A szimulációkat MATLAB szoftver segítségével végeztük. Vizsgálataink során nem csak a napelemek állandó hőmérsékleten, hanem a tranziens jelenségek során történő villamosparaméterek változását is vizsgáltuk. A mérési eredményekre alapozva pontosítottuk a szimulációsmodellt. Az alapmodellhez képest a módosított modell pontatlansága kevesebb, mint a felére csökkent.

További kutatási irányvonal a napelemek felületén lerakódó szennyeződések okozta hatásfok- és élettartamcsökkenés képviseli. Laboratóriumi vizsgálatok során különböző természetes és mesterséges eredetű porok és szennyezőanyagok hatásait vizsgáltuk. Az árnyékhatás okozta termelőkiesés mellett a napelem hőmérsékletének növekedésével is számolnunk kell. Az egyes porok és szennyezőanyagok igencsak eltérő hatást gyakorolnak a napelemek működésére. A koszos napelemek hőmérséklete, akár 50 °C-kal is nagyobb lehet, mint a tiszta napelemeké. A tartósan szennyezett napelemek károsodnak, élettartamuk rohamosan csökken, amely jellemzően a mikrorepedések megjelenésében, azok tovább növekedésében, és a napelemet borító üveglap felületi morfológiájának a megváltozásában jelentkezik. A károsodás elkerülése érdekében a felületi szennyeződések eltávolítására tisztítás módszerek alkalmazása válik szükségessé.

6. Összefoglalás és következtetések

Összességében elmondható, hogy a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszékén folyó kutatások nem csak elméleti, azaz alapkutatások, hanem alkalmazott kutatások is. Az irányvonalak érintik az aktuális ipari kérdéseket, így jövőbe mutató kutatás-fejlesztő munka folyik. A folyóiratban bemutatott kutatási eredmények számos folyóirat és konferencia cikkben kerültek bemutatásra [1-11].

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék:

1. Bodnár, I.: Simulation of acacia gasification process. Review of Faculty of Engineering *Analecta Technica Szegedinensia* 14. 2020. 1. pp. 24-33. <https://doi.org/10.14232/analecta.2020.1.24-33>
2. Bodnár, I.: Napelemes kiserőmű feszültségviszonyai a hőmérséklet-változás függvényében. *ELEKTROTECHNIKA* 113 évf. 2020. 5-6. sz. pp. 13-17.
3. Bodnár, I., Boros, R. R., Matusz-Kalász, D.: Solar powered electric car with VVVF drive control. *GÉP.* 71. évf. 2020. 3-4. sz. pp. 55-60.
4. Bodnár, I., Koós, D., Iski P., Skribanek, Á.: Design and Construction of a Sun Simulator for Laboratory Testing of Solar Cell. *Acta Polytechnica Hungarica.* Óbuda Univesity. Budapest, Hungary, Vol. 17. No. 3. 2020. pp. 165-184. <https://doi.org/10.12700/APH.17.3.2020.3.9>
5. Somogyiné Molnár, J., Kiss, A., Dobróka, T. E.: Global joint inversion of acoustic velocity and quality factor data using rock physical models. *Geosciences and Engineering*, 6. kötet, 9. szám, 2019. pp. 151-162.

6. Somogyiné Molnár, J., Kiss A., Dobróka, T. E., Jobbik, A.: Akusztikus sebesség és jósági tényező adatok globális együttes inverziós feldolgozása közetfizikai modellek alapján. Műszaki tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2019 konferencia kiadvány, pp. 337-340.
7. Bodnár, I.: Napelemcella laboratóriumi vizsgálata. Multidiszciplináris Tudományok. Miskolci Egyetem kiadványa. 9. kötet. 2019. 4. sz. pp. 242-249. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.4.21>
8. Bodnár, I., Matusz-Kalász, D.: Napelemek laboratóriumi és szimulációs vizsgálata. Multidiszciplináris Tudományok. Miskolci Egyetem kiadványa. 9. kötet. 2019. 4. sz. pp. 261-268. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.4.23>
9. Faragó, D., Bodnár, I., Bencs P., Koós, D., Iski, P., Skribanek, Á.: Laboratory measurements and numeric simulation of a solar cell. 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC). 2019. p. 6. Doc Nr. 105. (IEEE) <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765927>
10. Bodnár, I., Csehi B., Sukály B., Gáspár Á. Cs.: Examination of power loss and voltage drop of a solar panel as a function of environmental factors. 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC). 2019. p. 5. Doc Nr. 107. (IEEE) <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765911>
11. Bodnár, I., Faragó, D., Dojcsák, Gy.: Simulation of a solar power plant. 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC). 2019. p. 6. Doc Nr. 146. (IEEE) <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8766044>